



⑮ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENTAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 43 27 464 A 1**

⑳ Aktenzeichen: P 43 27 464.1  
㉑ Anmeldetag: 16. 8. 93  
㉒ Offenlegungstag: 23. 2. 95

㉓ Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**C 08 F 20/12**  
C 08 F 2/00  
C 08 F 287/00  
C 08 F 265/04  
C 08 L 33/06  
C 09 D 7/12  
G 02 B 3/00  
G 03 B 21/60  
F 21 V 3/00  
F 21 V 5/00  
// C08L 51/06, C08J  
3/20, C08L 69:00,  
33:24, 27:06, 25:04,  
C09D 5/36, 5/28

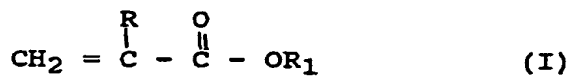
**DE 43 27 464 A 1**

㉔ Anmelder:  
Röhm GmbH, 64293 Darmstadt, DE

㉕ Erfinder:  
Siol, Werner, Dr., 64297 Darmstadt, DE; Wopker,  
Wilhelm, 64404 Bickenbach, DE; Felger, Erwin, 64295  
Darmstadt, DE; Parusel, Markus, 64409 Messel, DE

㉖ Verfahren zur Herstellung monodisperser Poly(meth)acrylat-Teilchen

㉗ Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung mono-  
disperser Poly(meth)acrylatteilchen nach dem Verfahren der  
Fällungspolymerisation, wobei man die Monomeren M,  
enthaltend zu mindestens 60 Gew.-% Monomere der Formel  
I



worin R Wasserstoff oder Methyl und R<sub>1</sub> einen Alkylrest mit  
1 bis 8 Kohlenstoffatomen, einen gegebenenfalls substituier-  
ten Arylrest oder einen Aralkylrest bedeutet, in einem  
halogenfreien Lösungsmittel L, das zu mindestens 70 und bis  
100 Gew.-% aus Cyclohexan besteht in Gegenwart eines  
Blockcopolymeren mit Polystyrolanteilen BCP in Anteilen  
von 0,1 bis 10 Gew.-% bezogen auf die Monomeren und in  
Anwesenheit eines Perkohlensäureesters als Initiator in  
Anteilen von 0,02 bis 2 Gew.-% bezogen auf die Monomeren  
polymerisiert.

**DE 43 27 464 A 1**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 12. 94 408 068/63

14/38

## Beschreibung

## Gebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung monodisperser, formstabiler Poly(meth)acrylat-Teilchen mit einem Durchmesser von 2–20 µm.

## Stand der Technik

Die Praxis verzeichnet einen steigenden Bedarf an Kunststoffen in Form von formstabilen Kunststoff-Teilchen mit einer definierten, einheitlichen Teilchengröße im Bereich von 2–20 µm. Derartige Teilchen finden z. B. Anwendung als Abstandhalter (Displays, Folien), als Oberflächenmodifizierungsmittel, als Trägermaterial in der Diagnostik usw.

Das Hauptinteresse besteht aber im Bereich der optischen Industrie, die speziell mit Teilchen in diesem Größenbereich bei exakt einstellbarem Brechungsunterschied zu einer gegebenen Polymermatrix die unterschiedlichen Lichteffekte realisieren kann.

Dabei ist das Anforderungsprofil an derartige Teilchen mit Durchmesser 5–15 µm seit langem bekannt: es fehlt nur an einem praktikablen Verfahren zur Herstellung solcher Teilchen. So versagt die klassische Methode zur Herstellung definierter Teilchen, die Emulsionspolymerisation, in diesem Teilchengrößenbereich (vgl. Ullmanns Encyclopdia of Industrial Chemistry, 5th. Ed. Vol. A21, pp. 168, 373–387 VCH 1992; Becker-Braun, Kunststoff-Handbuch, Bd. 1, S. 26–28 Carl Hanser 1990).

Auf dem Wege der Emulsionspolymerisation lassen sich in der Regel nur Teilchen mit einem Durchmesser ≤ 2 µm problemlos herstellen. Die Bemühungen größere Teilchen herzustellen, führen im allgemeinen zu Teilchenneubildungen, also multimodalen Teilchengrößenverteilungen. Gemäß Literaturangaben soll es gelingen, durch mehrfaches Anquellenlassen von wäßrigen Dispersionen mit Monomeren Teilchen der genannten Größe herzustellen [Vgl. Ugelstad, J., Mork, P.C., Kaggurud, K.H. Ellingsen, T., and Berge, A., Adv. Colloid Interface Sci. 13, 191 (1980)].

Das angegebene Verfahren ist jedoch äußerst kompliziert. Ein weiteres Verfahren zur Herstellung dieser Teilchen in einer Umgebung mit Mikrogravitation (Durchführung in Space-Shuttle unter Weltraumbedingungen) verspricht kaum eine industrielle Anwendung (vgl. Vanderhoff, J.W., El-Asser, M.S., Micale, F.J., Sudol, E.D., Tseng, C.M., Silwanowicz, A., Sheu, H.R., and Kornfeld, D.M., Polym. Mater. Sci. Eng. Prepr. 54, 587 (1986). Somit bleibt nur die Feststellung übrig, daß bislang keine einfache, industriell anwendbare Methode existiert, derartige Teilchen in Wasser als Reaktionsmedium herzustellen. Auch die klassische Suspensionspolymerisation, bei der bekanntlich die Teilchendurchmesser primär durch die Rührgeschwindigkeit gesteuert werden, kommt im allgemeinen nicht in die Größenordnung von 5–15 µm. Darüber hinaus sind diese Teilchen nicht monodispers, sondern fallen in breiter Verteilung an.

Hauptanwendung dieser Teilchen sind vor allem Lichtstreuungsanwendungen, wobei der Brechungsindex der Teilchen von Belang ist (vgl. JP-A 03 126 766; Chem. Abstr. 115, 209 446n). Häufig eingesetzt für z. B. mattierende Beschichtungen werden auch Kern-Schale-Teilchen dieser Größenordnung (JP-A 03 58 840; Chem. Abstr. 115, 116 478; EP-A 342 283).

Wesentlich günstiger sind die Möglichkeiten, monodisperse PMMA-Teilchen mit einem Durchmesser von 2–20 µm zu gewinnen, wenn man die Teilchen nach dem Prinzip der Fällungspolymerisation im organischen Medium unter Einsatz eines organischen Verteilers herstellt.

Dementsprechend groß ist die Zahl von Veröffentlichungen zu diesem Thema. Die Fällungspolymerisation von PMMA in Kohlenwasserstoffen als Lösemittel wurde bereits in den Dreißigerjahren vorgeschlagen (US-A 2 135 443, DE 6 62 157). Über hundert Schutzrechte und zahlreiche sonstige Literaturstellen haben sich seither mit der Polymerisation von Alkyl(meth)acrylaten in nicht-wäßrigen Dispersionen beschäftigt.

In vielen der einschlägigen Schutzrechte werden reine Lackanwendungen beschrieben: stabile, sehr feinteilige organische Dispersionen. Darüber hinaus gibt es auch Arbeiten, die den Einfluß der Emulgatoren, der Initiatoren und der Lösemittelgüte auf die Teilchengröße untersuchen. Eine sehr informative Zusammenfassung der Dispersionspolymerisation von Methylmethacrylat in nichtwäßrigen Medien wird in Winnig M.A., et al; Makromol. Chem. Macromol. Symp. 10/11, 483–501 (1987) gegeben.

Als Emulgatoren für die Dispersionspolymerisation werden vor allem Blockcopolymere eingesetzt. Einen Überblick über gängige Polymerisationsbedingungen wird in Winnik M.A. et al., loc.cit. Table 1, S. 485 gegeben.

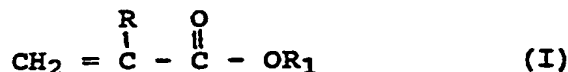
Wie aus dieser Arbeit ferner hervorgeht, läßt sich die Teilchengröße über die Konzentration des Emulgators (Fig. 1) die Initiatorkonzentration (Fig. 5) sowie über den Feststoffgehalt (Fig. 3) und die Lösemittelgüte (Fig. 4) steuern. Die dortigen Abbildungen lassen erkennen, daß eine Steuerung zu großen Teilchen (> 3 µm) vor allem mit Tetrachlorkohlenstoff/Alkan-Mischungen möglich ist. Ohne Zusatz von Halogen-Kohlenwasserstoffen findet man dagegen Bereiche, in denen eine Teilchengrößensteuerung überhaupt nicht möglich ist. Hier erhält man Koagulation.

## Aufgabe und Lösung

Die Verwendung halogenierter Kohlenwasserstoffe im gewerblichen Bereich kann aus ökologischen und toxikologischen Gründen heutzutage nicht mehr gerechtfertigt werden. Es bestand andererseits weiterhin die eingangs erwähnte Aufgabe, in gut steuerbarer Weise monodisperse Poly(meth)acrylat-Partikel, vorzugsweise im Teilchengrößenbereich 1–20 µm zur Verfügung zu stellen. Diese Aufgabe wird durch das erfindungsgemäße

Verfahren, das sich einer spezifischen Rezeptur bedient, in hervorragender Weise gelöst.

Die Erfindung betrifft somit ein Verfahren zur Herstellung monodisperser Poly(meth)acrylate nach dem Verfahren der Fällungspolymerisation, wobei man die Monomeren M enthaltend zu mindestens 60 Gew.-% Monomere der Formel I



worin R Wasserstoff oder Methyl und  $\text{R}_1$  einen Alkylrest mit 1 bis 8 Kohlenstoffatomen, einen gegebenenfalls substituierten Aryl-, insbesondere Phenyl- oder einen Aralkyl- insbesondere einen Benzylrest bedeutet, in einem Lösungsmittel L, das zu mindestens 70 Gew.-% und bis zu 100 Gew.-% aus Cyclohexan besteht, in Gegenwart eines Blockcopolymeren mit Polystyrolanteilen BCP in Anteilen von 0,1 bis 10 Gew.-% bezogen auf die Monomeren und in Anwesenheit eines Perkohlensäureesters als Initiator in Anteilen von 0,02 bis 2 Gew.-% bezogen auf die Monomeren, polymerisiert. Die erfindungsgemäß gewonnenen Poly(meth)acrylat-Partikel liegen in der Regel völlig im Teilchengrößenbereich von 1–20  $\mu\text{m}$  (wobei als Maß der Teilchengröße der Durchmesser in der Ebene der größten Erstreckung dienen soll). Die Bestimmung geschieht lichtmikroskopisch.

Die Verfahrensprodukte weisen im Gegensatz zu klassischen Perlpolymerisaten eine recht einheitliche Teilchengrößenverteilung auf. Im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung werden sie daher als monodispers bezeichnet. Darunter sei zu verstehen, daß die Teilchen zu mindestens 80 Gew.-%, vorzugsweise 90 Gew.-% der Teilchen innerhalb eines Größenbereichs von  $\pm 20\%$  vom angegebenen Mittelwert liegen. Gelegentlich können auch geringere Anteile (< 5 Gew.-%) feiner Teilchen gebildet werden, die jedoch anwendungstechnisch völlig ohne Belang sind.

Die erfindungsgemäß eingesetzten Lösungsmittel L sind halogenfrei.

Die Blockcopolymeren mit Polystyrolanteilen BCP sind vorzugsweise ausgewählt aus der Gruppe, aufgebaut aus einem Polystyrol und einem Ethylen-co-propylen-Block (= hydriertes Polyisopren) oder aus einem Polystyrol und einem Ethylen-co-butylen-Block (= hydriertes Polybutadien).

Der Anteil des Polystyrolblocks zu dem anderen Blockcopolymeranteil in BCP liegt in der Regel bei 20 bis 50 Gew.-%.

Die Blockcopolymeren BCP besitzen im allgemeinen ein Molekulargewicht im Bereich  $M_w = 30\,000 - 200\,000$ , bevorzugt  $70\,000 - 130\,000$ .

Unter den Monomeren der Formel I seien in erster Linie das Methylmethacrylat, vorzugsweise in Anteilen von mindestens 20 und bis zu 100 Gew.-% bezogen auf die Monomeren M, ggf. zusammen mit anderen Monomeren, insbesondere mit Methylacrylat, Ethyl(meth)acrylat, Butylacrylat, Isobutylmethacrylat, 2-Ethylhexyl(meth)acrylat in Mengen bis zu 20 Gew.-%-Teilen verstanden.

Im allgemeinen sind unter den Monomeren der Formel I solche mit  $\text{R} = \text{CH}_3$ , also Methacrylate, bevorzugt.

Zur Erhöhung des Brechungsindex werden bevorzugt Aryl- bzw. Aralkyl(meth)acrylate mit 6 bis 14 Kohlenstoffatomen im Esterteil, insbesondere Phenyl-, Toly-, Naphthyl-, Benzyl-, Phenethyl(meth)acrylate in Anteilen von 1–80 Gew.-% eingesetzt. Der Anteil an Vinylaromaten wie Styrol und seinen Homologen wird zweckmäßig auf < 20 Gew.-% bezogen auf M zu begrenzen sein, da diese Monomere den Polymerisationsverlauf erheblich stören.

Durch die Mitverwendung hydrophiler Monomere läßt sich die Teilchengröße in Richtung Teilchenverkleinerung steuern. Als derartige hydrophile Monomere kommen z. B. Methacrylsäurehydroxy- bzw. ggf. alkylsubstituierte Aminoalkylester der (Meth)acrylsäure mit  $\text{C}_1$ - bis  $\text{C}_{12}$ -Alkylresten sowie entsprechende Amide in Frage.

Hydrophobe Comonomere wie z. B. die oben genannten Isobutylmethacrylat, Phenylmethacrylat, Benzylmethacrylat, die in Mengen von 0 bis ca. 70 Gew.-% bezogen auf die Monomeren M eingesetzt werden können, steuern die Teilchengröße in Richtung Teilchenvergrößerung.

Des weiteren können die Teilchen durch Mitverwendung von Pfropfvernetzern, d. h. Monomeren mit zwei radikalisch polymerisierbaren Gruppen verschiedener Reaktivität wie z. B. Allyl(meth)acrylat, in Anteilen von 0,1 bis 20 Gew.-% bezogen auf die Monomeren vernetzt werden. Die Verwendung von vernetzenden Monomeren mit gleichartigen polymerisationsfähigen Einheiten, z. B. (Meth)acrylsäureester von mehrwertigen Alkoholen ist dagegen auf < 1 Gew.-% bezogen auf die Monomeren zu beschränken.

Als Lösungsmittelkomponente im Lösungsmittel bzw. Lösungsmittelgemisch L kommen kleinere Anteile ( $\leq 30$  Gew.-%) anderer Lösungsmittel, beispielsweise polarer Lösungsmittel wie Butylacetat, in Frage.

Die erfindungsgemäß als Initiatoren vorgesehenen Perkohlensäureester sind bekannt, beispielsweise kommt insbesondere das Bis-(4-tert-Butylcyclohexyl)peroxydicarbonat, daneben das Dicyclohexylperoxydicarbonat (unter dem Warenzeichen INTEROX BCHPC bzw. INTEROX CHPC 1652 der Fa. Peroxidchemie erhältlich) oder das Diisopropylperoxy-dicarbonat in Frage. (Vgl. Brandrup-Immergut, Polymer Handbook 3rd. Ed. II-1, J. Wiley 1989). Die Styrol-Blockcopolymeren BCP enthalten bevorzugt von 30 bis zu 50 Gew.-% Polystyrolblöcke neben den aus der Hydrierung von Polyisopren bzw. Polybutadien hervorgegangenen Propylen- bzw. Butylen-Einheiten.

Genannt seien beispielsweise die hydrierten Styrol-Isopren-Blockcopolymerisate vom Typ SHELLVIS 50 der Fa. Shell.

#### Durchführung des Verfahrens

Die Polymerisation kann in einem für die Fällungspolymerisation geeigneten Reaktor bei kleineren Ansätzen

beispielsweise einem 500-ml-Dreihalskolben ausgestattet mit Kühler, Schutzgaseinleitungsvorrichtung, Thermometer und Rührer durchgeführt werden. Zweckmäßig wird unter einem Schutzgas wie z. B. Argon gearbeitet. Vorteilhafterweise gibt man in dem Reaktor das Lösungsmittel L das bzw. die Monomeren, insbesondere der Formel I und Emulgator als Lösung vor. Als Anhalt seien beispielsweise 150 Gew.-Teile Lösungsmittel L, berechnet auf die Monomeren, genannt. Vorzugsweise verwendet man reines Cyclohexan. Anschließend erwärmt man beispielsweise auf 60 Grad C. Wenn die gewählte Innentemperatur erreicht ist, startet man unter Rühren die Polymerisation durch Zugabe des Initiators, vorzugsweise gelöst in wenig Cyclohexan.

Gewöhnlich steigt die Temperatur bereits nach kurzer Zeit, beispielsweise nach einer Minute, wobei sich die bis anhin klare Lösung trübt. Nach ca. 5 Minuten erscheint der Ansatz in der Regel bereits weiß. Unter den geschilderten Voraussetzungen kann nach ca. 20 Minuten mit einem Anstieg der Innentemperatur auf ca. 81 Grad C gerechnet werden, wobei die Innentemperatur infolge Siedekühlung einige Minuten bei dieser Temperatur stehen bleiben kann. Als typische Fällungspolymerisation verläuft die Polymerisation recht schnell, so daß auf eine gute Kühlung und Rührung geachtet werden muß. Zur Nachreaktion hält man noch über eine gewisse Zeit beispielsweise ca. 1 Stunde unter Rühren bei ca. 80 Grad C und läßt dann unter Rühren auf Raumtemperatur abkühlen.

Die so erhaltenen Dispersionen sind nahezu völlig koagulatfrei. Man erhält monodisperse Polymerisatpartikel im angegebenen Größenbereich (Durchmesser 1—20 µm).

Neben reinen Polymethacrylat-Teilchen (siehe Beispiel 1) und unvernetzten Copolymer-Teilchen (siehe Beispiele 9—11) können mit diesen Verfahren bevorzugt vernetzte Teilchen erzeugt werden, wobei, wie oben ausgeführt, Allylmethacrylat als Vernetzer bevorzugt ist.

Von Interesse sind vernetzte, homogene Teilchen aus 90—99,5 Gew.-% MMA und 10—0,5 Gew.-% Allylmethacrylat in einem Teilchengrößenbereich von 4,0—10,0 µm.

Bevorzugt sind auch vernetzte Teilchen, aufgebaut aus 0,5—10 Gew.-% Allylmethacrylat, 10—50 Gew.-% Phenylmethacrylat und 40—89,5 Gew.-% Methylmethacrylat sowie 0—20 Gew.-% weiterer Methacrylsäureester.

Ganz besonderes Interesse gilt vernetzten Teilchen der Zusammensetzung

30—80 Gew.-% Methylmethacrylat  
60—19,5 Gew.-% Benzylmethacrylat und  
10—0,5 Gew.-% Allylmethacrylat

mit einer Teilchengröße von 4—12 µm, bevorzugt 5—11 µm und ganz besonders bevorzugt mit einer Teilchengröße von  $7,5 \pm 2$  µm.

Der besonders bevorzugte Gehalt an Allylmethacrylat liegt im Bereich 3—7%, ganz besonders bevorzugt im Bereich 4—6 Gew.-%. Gegebenenfalls kann das Benzylmethacrylat gänzlich oder teilweise durch Phenylpropylmethacrylat oder durch Phenylethylmethacrylat ersetzt sein. Auch das Methylmethacrylat kann in Anteilen bis etwa 10 Gew.-% durch andere (Meth)acrylsäureester, z. B. Isobutylmethacrylat, ersetzt sein.

Dabei sind sowohl Teilchen mit einer glatten Oberfläche von Interesse, unter anwendungstechnischen Gesichtspunkten von besonderem Interesse sind jedoch Teilchen mit einer rauhen Oberfläche.

Besonders bevorzugt sind vor allem runde, vernetzte Teilchen mit rauher Oberfläche in einen Teilchengrößenbereich von 5,5—9,5 µm, die aufgebaut sind aus etwa 55 Gew.-% Methylmethacrylat, 40 Gew.-% Benzylmethacrylat und 5 Gew.-% Benzylmethacrylat. Besonders bevorzugt sind solche Teilchen, die durch das gesamte Teilchen relativ homogen die oben genannte Copolymerisationszusammensetzung aus Methylmethacrylat, Benzylmethacrylat und Allylmethacrylat aufweisen, also Teilchen, die keinen Kern-Schale-Aufbau besitzen. Derartige Teilchen mit rauher Oberfläche im Bereich von 4—12 µm, insbesondere Teilchen der Größe  $7,5 \pm 2$  µm und der oben genannten Polymerzusammensetzung aus MMA, Benzylmethacrylat und Allylmethacrylat eignen sich in hervorragender Weise zur Einarbeitung in Formmassen.

Generell lassen sich nach dem genannten Verfahren sehr gut Teilchen mit einem Brechungsindex im Bereich von 1,48—1,58 und einer Teilchengröße von 4—12 µm herstellen.

Bevorzugt sind jedoch vernetzte Teilchen mit einem Brechungsindex  $n_D^{20}$  im Bereich 1,500—1,550 und einer Teilchengröße von  $7,5 \pm 2$  µm, wobei Teilchen mit einem Brechungsindex im Bereich 1,510—1,530 besonders bevorzugt sind.

Ganz besonders bevorzugt sind — wie oben dargestellt — Teilchen der Zusammensetzung MMA, Benzylmethacrylat, Allylmethacrylat mit einer rauhen Oberfläche, wobei die Oberflächenrauigkeit der Teilchen dergestalt ist, daß sie unter einem Lichtmikroskop mit beispielsweise etwa 500facher Vergrößerung deutlich erkennbar ist.

Derartige Teilchen, insbesondere solche Teilchen mit rauher Oberfläche mit einem Teilchendurchmesser von 4—12 µm, insbesondere mit einem Durchmesser von  $7,5 \pm 2$  µm lassen sich besonders gut in Anteilen von 0,01—60 Gew.-%, bevorzugt in Anteilen von 0,5—25 Gew.-% in Formmassen einarbeiten.

Dabei kommen alle thermoplastisch verarbeitbaren Formmassen in Frage, insbesondere jedoch amorphe, glasklare, gegebenenfalls auch eingefärbte thermoplastische Formmassen des Typs Polymethacrylat, Polymethacrylat-Styrol-Copolymere, Polymethacrylat-Styrol-Maleinsäureanhydrid-Copolymere, Polymethacrylimide, Polycarbonate (hier insbesondere Bisphenol-A-Polycarbonat) sowie Polystyrol und PVC in Frage. Von besonderem Interesse sind Formmassen auf Basis PMMA und Polycarbonat.

Die Formmassen können als solche oder auch schlagzäh modifiziert zum Einsatz kommen.

Neben dem Einsatz der erfindungsgemäßen Teilchen in Formmassen kommt auch der Einsatz der Teilchen in Gießharzen zur Anwendung. Auch die Einarbeitung der Teilchen z. B. in Anteilen von 0,01—30 Gew.-% in Lacke und hier insbesondere in UV-härtbare Reaktiv-Lacken ist bevorzugt.

Beim Einsatz der monodispersen Teilchen in Formmassen kommen entweder Konzentrate (Masterbatches) oder direkt Trockenmischungen zum Einsatz. Formmassen, bzw. Trockenmischungen, die diese Teilchen enthalten, können durch die bekannten thermoplastischen Verarbeitungsverfahren verarbeitet werden, so z. B. durch Extrudieren, Spritzgießen, Spritzblasen, Extrusionsblasen, Coextrudieren.

Der vorteilhafte Einsatz dieser monodispersen Perlpolymerisate dient zum einen der reinen Oberflächenveredelung von Formkörpern, insbesondere lassen sich jedoch besondere optische Effekte durch Einarbeitung dieser Teilchen in die Formmasse oder Coextrusionsmasse und Lacke erzielen.

Bevorzugt hergestellt werden mit Formmassen, die diese monodispersen Teilchen enthalten, Rückprojektionswände, TV-Screens (Diaprojektionswände, Bilderzeugung ganz allgemein), Projektionswände, Monitorabdeckungen, Skalenabdeckungen, Leuchtenabdeckungen und auch Streulinsen.

Daneben können auch Raumtrennwände mit Formmasse, die diese Perlen enthalten, hergestellt werden. Dabei stellen die genannten Anwendungen nur einen kleinen Teil der Einsatzmöglichkeiten für Formmassen mit diesen monodispersen Teilchen mit — im bevorzugten Fall — rauher Oberfläche dar.

Die folgenden Beispiele dienen zur Erläuterung der Erfindung. Die Bestimmung der Teilchengröße geschieht mittels Lichtmikroskop.

#### Beispiele

##### Beispiel 1

In einem Dreihalskolben (500 ml) ausgestattet mit Kühler, Argon-Einleitung, Thermometer und Rührer werden

150 g Cyclohexan

100 g Methylmethacrylat

0,625 g Styrol-Isopren-Blockcopolymerisat hydriert, aus 40 Gew.-Teilen Styrol, 60 Gew.-Teilen Isopren, Uneinheitlichkeit  $U = \text{ca. } 0,04$  ( $= 0,63 \text{ Gew.-% Emulgator}$ ) (Produkt SHELLVIS® 50 der Shell International Chemical Company, London)

gelöst und auf 60 Grad C erwärmt.

Wenn die Innentemperatur 60 Grad C erreicht hat, wird durch Zugabe von 1 g Bis(4-tert-Butylcyclohexyl)peroxydicarbonat (gelöst in wenig Cyclohexan) die Polymerisation ausgelöst. Bereits nach 1 Minute steigt die Temperatur auf 61 Grad C. Die vorher klare Lösung wird deutlich trüb; nach 5 Minuten ist der Ansatz bereits weiß. Nach 20 Minuten ist die Innentemperatur auf 81 Grad C gestiegen. Bei ca. 81 Grad C bleibt die Innentemperatur einige Minuten konstant (Siedekühlung). Zur Nachreaktion wird noch 1 Stunde bei 80 Grad C gerührt. Anschließend wird unter Rühren abgekühlt.

Die gebildete Dispersion ist fast völlig koagulatfrei; die erhaltenen Teilchen sind monodispers. Mittlerer Teilchendurchmesser: 4,5  $\mu\text{m}$ .

Aus der Dispersion wird der Feststoff durch Abfiltrieren oder durch Sedimentation, Dekantieren und nachfolgendes Trocknen gewonnen.

##### Beispiel 2

#### Herstellung von vernetzten Polymethacrylat-Teilchen mit erhöhtem Brechungsindex

In einem 250-ml-Reaktor ausgestattet mit Kühler,  $\text{N}_2$ -Einleitung, Temperaturfühler, Thermostat und Rührer werden

129,55 g Cyclohexan

41,16 g Methylmethacrylat

27,90 g Benzylmethacrylat

0,70 g Allylmethacrylat

0,43 g Styrol-Isopren-Blockcopolymerisat, hydriert (SHELLVIS® 50) vorgelegt.

Initiatorlösung:

0,70 g Bis(4-tert-Butylcyclohexyl)peroxydicarbonat in 6,3 g Cyclohexan gelöst.

Der Reaktor wird mit Stickstoff gespült. Die Reaktion erfolgt unter Stickstoff. Das hydrierte Styrol-Isopren Blockcopolymerisat, die Monomeren und das Cyclohexan werden im Reaktor vorgelegt. Das Bad wird auf ca. 65 Grad C aufgeheizt. Nachdem die Innentemperatur 65 Grad C erreicht hat, wird die Reaktion durch Zugabe der Initiatorlösung gestartet. Nach 75 Minuten erfolgt Zugabe von 0,1 Gew.-% tert-Butylper-2-ethylhexanoat (bezogen auf die Monomeren) zum Nachvernetzen. Die Dispersion wird noch 2,5 Stunden bei erhöhter Temperatur nachgerührt, dann abgekühlt und abgelassen.

Die Dispersion ist koagulatfrei; die erhaltenen Teilchen sind monodispers bei einer Teilchengröße von 7—6,5  $\mu\text{m}$ . Fig. 1 stellt die Teilchen bei einer Vergrößerung von ca. 1 : 1000 dar.

## Beispiele 3—12

Analog Beispiel 2 werden auch die in den Tabellen 1 und 2 wiedergegebenen Beispiele 3—12 durchgeführt.

Tabelle 1

Dispersion aus Methylmethacrylat-Allylmethacrylat-Copolymerisat (99 : 1 Gew.-Teile) mit Bis(4-tert-Butylcyclohexyl)peroxydicarbonat als Initiator, Feststoffgehalt 30%

Beisp.	*Initiator (%)	*Styrol-Isopren Blockcopolymerisat, hydriert (%)	Cyclohexan (%)	Butylacetat (%)	Teilchengröße (µm)
3	0,25	0,63	100	0	3,0
4	0,25	0,63	91,4	8,6	4,1
5	0,25	0,63	88,4	11,6	4,6
6	0,25	0,63	85,9	14,1	4,8
7	0,25	0,63	82,9	17,1	5,3
8	0,25	0,63	79,9	20,1	6,4

\* Gew.-% bezogen auf Monomere

Wie zu sehen ist, werden mit steigendem Zusatz von Butylacetat zum Cyclohexan die Teilchen größer. Vergleicht man Beispiel 11 mit Beispiel 4, so sieht man, daß durch Mitverwendung eines hydrophoben Monomeren (Isobutylmethacrylat) bei somit gleicher Rezeptur die Teilchen größer werden. Eine andere Möglichkeit der Teilchengrößensteuerung ergibt sich über den Feststoffgehalt und die Initiatorkonzentration. Sowohl die Erhöhung der Initiatorkonzentration als auch die Erhöhung des Feststoffgehalts führt zu großen Teilchen. Dies kann im Vergleich Beispiel 3 → Beispiel 1 gesehen werden. Kleine Anteile an Allylmethacrylat haben keinen deutlichen Einfluß auf die Teilchengröße.

Tabelle 2

Dispersion aus Methylmethacrylat-Isobutylmethacrylat-Copolymerisat (90 : 10 Gew.-Teile) mit Bis(4-tert-Butylcyclohexyl)peroxydicarbonat als Initiator, Feststoffgehalt: 30%

Beisp.	*Initiator (%)	*Styrol-Isopren Blockcopolymerisat, hydriert (%)	Cyclohexan (%)	Butylacetat (%)	Teilchengröße (µm)
9	0,25	0,63	96,4	3,6	4,8
10	0,25	0,63	92,9	7,1	6,2
11	0,25	0,63	91,4	8,6	6,7
12	0,25	0,63	89,3	10,7	6 - 10**

\* Gew.-% bezogen auf Monomere

\*\* multimodal

## Beispiel 13

Herstellung von vernetzten Teilchen mit rauher Oberfläche der Zusammensetzung Methylmethacrylat, Phenylmethacrylat, Allylmethacrylat

In einem 500-ml-Reaktor mit Rührer, Kühler, Stickstoff-Einleitung, Temperaturfühler werden

199 g Cyclohexan  
 68,6 g Methylmethacrylat  
 29,4 g Phenylmethacrylat  
 1 g Allylmethacrylat  
 0,62 g Shellvis® 50

auf 70 Grad C erwärmt. Der Reaktorinhalt wird mit 68 Umdrehungen/Minute gerührt. Zum Start der Reaktion wird 1 g Bis(4-tert-Butylcyclohexyl)peroxodicarbonat als 10%ige Lösung in Cyclohexan zugesetzt. Nach ca. 2 Minuten erkennt man eine leichte Trübung, nach 10 Minuten ist der Reaktionsansatz weiß. Die Innentemperatur wird < 74 Grad C gehalten, nach 75 min ist die Reaktion beendet, zur Nachreaktion werden 0,1 g t-Butylper-2-Ethylhexanoat zugesetzt und 21/2 Stunden bei 75 Grad C gerührt. Danach wird gekühlt. Die Dispersion ist koagulatfrei. Die Teilchen sind 8 µm groß und besitzen eine raue Oberfläche.

#### Beispiel 14

Herstellung von vernetzten Teilchen mit rauher Oberfläche der Zusammensetzung MMA, Benzylmethacrylat, Allylmethacrylat

In einem Reaktor — wie in Beispiel 13 beschrieben — werden

136,5 g Cyclohexan  
 34,5 g Methylmethacrylat  
 25,1 g Benzylmethacrylat  
 3,1 g Allylmethacrylat  
 0,8 g Shellvis® 50

vorgelegt und auf 71 Grad C erwärmt. Durch Zugabe einer Lösung von 0,63 g Bis(4-tert-Butylcyclohexyl)peroxodicarbonat und 0,06 g t-Butylper-2-ethylhexanoat in 6,2 g Cyclohexan wird die Polymerisation gestartet. Nach 75 Minuten wird die Innentemperatur auf 75 Grad C erhöht und 2 Stunden bei dieser Temperatur gerührt. Man erhält eine koagulatfreie Dispersion. Die Dispersion enthält < 2 Gew.-% sehr feine Teilchen (< 1 µm), mehr als 98 Gew.-% der Teilchen haben eine Größe von 9 µm. Die 9 µm großen Teilchen sind rau und eckig. Die Teilchen werden abfiltriert und im Vakuum getrocknet.

#### Beispiel 15

Man wiederholt den Ansatz gemäß Beispiel 14, wählt jedoch folgende Änderungen: Start mit 0,63 g Bis(4-tert-Butylcyclohexyl)peroxodicarbonat in 5,67 g Cyclohexan gelöst, Nachreaktion durch Zugabe von 0,06 g t-Butylperneodecanoat in 0,54 g Cyclohexan. Es wird noch eine weitere Stunde bei 75 Grad C gerührt, danach wird gekühlt und abfiltriert. Man erhält Perlpolymerisate mit einer Teilchengröße von 8,3 µm, die Teilchen sind rau und eckig. Die Teilchen werden im Vakuum getrocknet.

#### Beispiel 16

Einarbeitung der monodispersen Teilchen in PMMA-Formmasse

6 Teile monodisperse Perlpolymerisate gemäß Beispiel 15 werden mit 94 Teilen PMMA-Granulat (PLEXIGLAS® 8N) gemischt und anschließend auf einem Entgasungsextruder bei 230 Grad C in der Schmelze homogen verteilt. Die austretenden Schmelzestränge werden granuliert.

#### Beispiel 17

Aus dem Granulat gemäß Beispiel 16 werden im Spritzgußverfahren Skalenabdeckungen gespritzt. Die so hergestellten Skalenteile zeigen hohe Transparenz bei optimaler Streuung.  
 Probendicke: 2 mm  
 Energiehalbwertswinkel  $\gamma/2 = 15$  Grad  
 Transmissionsgrad T = 90%

#### Beispiel 18

Einarbeitung der monodispersen Teilchen in schlagzähe PMMA Formmassen

6 Teile monodisperse Perlpolymerisate gemäß Beispiel 15 werden mit 94 Teilen PLEXIGLAS® zK6A gemischt und granuliert.

#### Beispiel 19

Das Granulat gemäß Beispiel 18 wird im Coextrusionsverfahren in einer Schichtdicke von 100 µm auf 3 mm ABS als Träger aufgebracht. Der Coextrusionsverbund zeichnet sich durch eine seidenmatte Struktur aus.

Rauhigkeit (gemessen mit dem Perth-O-meter):

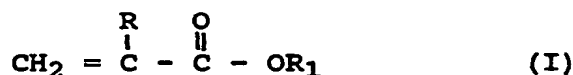
RA: 0,38

RZ: 2,60

R<sub>max</sub>: 3,02.

# Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung monodisperser Poly(meth)acrylatteilchen nach dem Verfahren der Fällungs-polymerisation, dadurch gekennzeichnet, daß man die Monomeren M, enthaltend zu mindestens 60 Gew.-% Monomere der Formel I



worin R Wasserstoff oder Methyl und R<sub>1</sub> einen Alkylrest mit 1 bis 8 Kohlenstoffatomen, einen gegebenenfalls substituierten Arylrest oder einen Aralkylrest bedeutet, in einem halogenfreien Lösungsmittel L, das zu mindestens 70 und bis 100 Gew.-% aus Cyclohexan besteht in Gegenwart eines Blockcopolymeren mit Polystyrolanteilen BCP in Anteilen von 0,1 bis 10 Gew.-% bezogen auf die Monomeren und in Anwesenheit eines Perkohlensäureesters als Initiator in Anteilen von 0,02 bis 2 Gew.-% bezogen auf die Monomeren polymerisiert.

2. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die monodispersen Poly(meth)acrylatteilchen Durchmesser im Bereich 2–20 µm besitzen.

3. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Monomeren M zu mindestens 20 Gew.-% aus Methylmethacrylat bestehen.

4. Verfahren gemäß den Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Blockcopolymeren mit Polystyrolanteilen ausgewählt sind aus der Gruppe, enthaltend Ethylen-co-propylen oder Ethylen-co-butylen-blöcke neben Polystyrolblöcken.

5. Verfahren gemäß den Ansprüchen 1–4, dadurch gekennzeichnet, daß man 0,1–20 Gew.-% bezogen auf die Monomeren an Pfpfvernetzern copolymerisiert.

6. Verfahren gemäß den Ansprüchen 1–5, dadurch gekennzeichnet, daß man Aryl- oder Aralkylmethacrylate mit 6–14 Kohlenstoffatomen im Esterteil in Anteilen von 1–80 Gew.-% bezogen auf die Monomeren copolymerisiert.

7. Poly(meth)acrylate aufgebaut aus den Monomeren Methylmethacrylat, Phenylmethacrylat und einem Pfpfvernetzer in Form von monodispersen Teilchen, dadurch gekennzeichnet, daß die Teilchendurchmesser im Bereich 4–12 µm liegen.

8. Poly(meth)acrylate aufgebaut aus den Monomeren Methylmethacrylat, Aralkylmethacrylat aus der Gruppe Benzylmethacrylat, Phenylethylmethacrylat, Phenylpropylmethacrylat und einem Pfpfvernetzer in Form von monodispersen Teilchen, dadurch gekennzeichnet, daß die Teilchendurchmesser im Bereich 4–12 µm liegen.

9. Polymethacrylate gemäß Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Polymethacrylate aufgebaut sind aus den Monomeren Methylmethacrylat, Benzylmethacrylat und Allylmethacrylat.

10. Polymethacrylate gemäß den Ansprüchen 7–9, dadurch gekennzeichnet, daß die Polymethacrylate in Form von monodispersen Teilchen in einem Teilchengrößenbereich von 5–11 µm vorliegen und eine raue Oberfläche aufweisen.

11. Polymethacrylate aufgebaut aus den Monomeren Methylmethacrylat, Benzylmethacrylat und Allylmethacrylat in Form von monodispersen Teilchen, dadurch gekennzeichnet, daß die Teilchen eine raue Oberfläche haben und einen Durchmesser im Bereich 7,5 ± 2 µm aufweisen.

12. Formmasse enthaltend 0,01–60 Gew.-% an monodispersen Teilchen gemäß den Ansprüchen 7–11.

13. Formmasse auf Basis von gegebenenfalls schlagzähmodifizierten PMMA, MMA-Copolymeren, Polycarbonat, PMMI, Polystyrol, SAN und PVC enthaltend 0,1–25 Gew.-% an monodispersen Teilchen gemäß den Ansprüchen 7–11.

14. Lacke enthaltend 0,01–30 Gew.-% an monodispersen Teilchen gemäß den Beispielen 7–11.

15. Kunststoffhalbzeuge auf Basis PMMA; PMMA-Copolymere, Polycarbonat, PMMI, Polystyrol, Styrolcopolymeren und PVC enthaltend 0,01–60 Gew.-% der Teilchen gemäß den Ansprüchen 7–11.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen



- Leerseite -

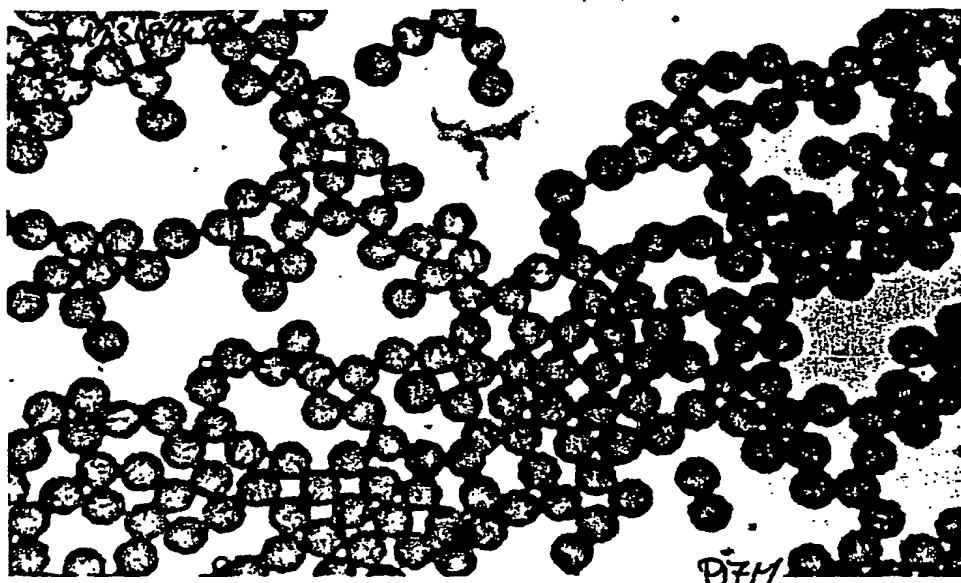


FIG. 1